



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09236425 A**(43) Date of publication of application: **09.09.97**

(51) Int. Cl.

**G01B 21/00**  
**G01B 11/00**  
**H01L 21/027**

(21) Application number: **08068999**(71) Applicant: **CANON INC**(22) Date of filing: **01.03.96**

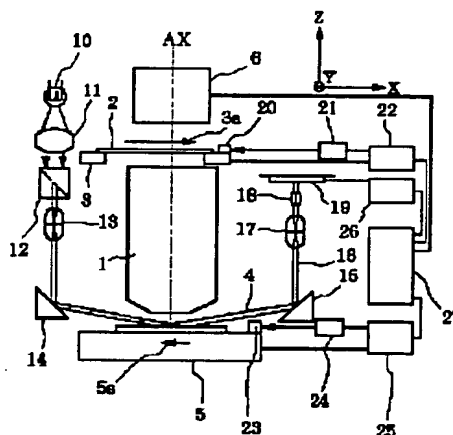
(72) Inventor: **YAMADA YUICHI**  
**UZAWA SHIGEYUKI**

(54) **FACE POSITION DETECTOR**

## (57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To accurately detect a position of a face to be detected by a method wherein the face to be inspected is relatively scanned to continuously detect a characteristic data of the face condition and the obtained plural pieces of data are processed so that measuring positions for measuring the positions of the face to be inspected hereinafter are discretely determined.

**SOLUTION:** A main control section 27 controls a whole system such that scanning exposure of a slit image of a reticle 2 is executed by adjusting the position in a predetermined region on a wafer 4 in the X-Y plane and in the Z direction. For example, alignment of the reticle pattern in the X-Y plane is executed such that control data is calculated based on position data of a reticle interference meter 21 and a wafer stage interference meter 24 and position data of the wafer obtained by an alignment microscope, then a reticle position control system 22 and a wafer position control system 25 are controlled. When a reticle stage 3 is scanned in the direction of arrow 3a, a wafer stage 5 is scanned in the direction of arrow 5a by a speed which is corrected by a reduction scaling factor of a projection lens.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-236425

(43) 公開日 平成9年(1997)9月9日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 B 21/00			G 0 1 B 21/00	A
			11/00	A
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 1 8 5 2 6 B

審査請求 未請求 請求項の数 7 F D (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平8-68999

(22) 出願日 平成8年(1996)3月1日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 山田 雄一

神奈川県川崎市中原区今井上町53番地キヤ  
ノン株式会社小杉事業所内

(72) 発明者 鷗澤 繁行

神奈川県川崎市中原区今井上町53番地キヤ  
ノン株式会社小杉事業所内

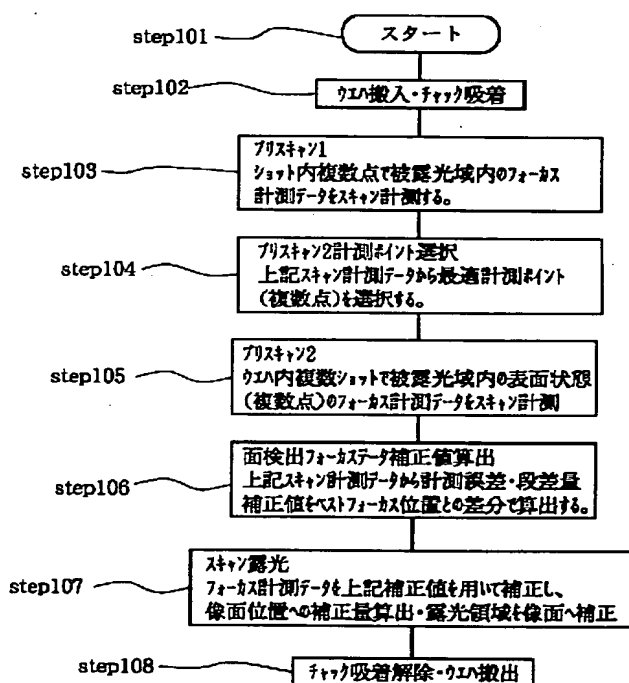
(74) 代理人 弁理士 伊東 哲也 (外1名)

## (54) 【発明の名称】 面位置検出方法

## (57) 【要約】

【課題】 被検出面の凹凸の影響を受けることなく被検出面の位置を高精度に検出する。

【技術手段】 凹凸を有する被検出面の面位置を、該被検出面を相対走査しながら連続的に検出する方法において、前記被検出面を相対走査しながら連続的にその面状態の特徴データを検出する段階と、前記連続的に得られた複数の特徴データを処理しその後の被検出面の面位置検出において該被検出面の位置を測定すべき計測位置を離散的に決定する段階とを設ける。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 凹凸を有する被検出面の面位置を、該被検出面を相対走査しながら連続的に検出する方法において、

前記被検出面を相対走査しながら連続的にその面状態の特徴データを検出する段階と、

前記連続的に得られた複数の特徴データを処理しその後の被検出面の面位置検出において該被検出面の位置を測定すべき計測位置を離散的に決定する段階とを有することを特徴とする面位置検出方法。

【請求項2】 前記特徴データを検出する段階において、該特徴データとして面位置データとともに検出信号の形状を示す特徴量を同時に検出することを特徴とする請求項1記載の面位置検出方法。

【請求項3】 前記凹凸を有する被検出面が、パターンを形成されたウエハの表面であり、該ウエハを露光する露光装置に適用されたことを特徴とする請求項1または2記載の面位置検出方法。

【請求項4】 前記特徴データを検出する段階において、露光時より低速な走査速度でより多点の計測値を測定することを特徴とする請求項3記載の面位置検出方法。

【請求項5】 前記連続的に得られた複数の特徴データを処理しその後の面位置を測定する計測位置を離散的に決定する場合に、前記面位置データの不連続点や検出信号の形状を示す特徴量の異常点を考慮するとともに被露光領域を露光する際の走査速度や補正系の追従スピード、装置間の面位置センサ取り付け位置誤差等も併せて考慮することを特徴とする請求項3記載の面位置検出方法。

【請求項6】 先頭から1枚または複数枚のウエハの特徴データを検出し、該特徴データに基づいて決定された計測位置情報を記憶し、そのウエハに引き続く少なくともロット内のウエハに対して、前記記憶した計測位置の全部または一部にて前記測定を行うことを特徴とする請求項1記載の面位置検出方法。

【請求項7】 前記面位置として、前記ウエハ表面の高さおよび傾きを計測することを特徴とする請求項3～6のいずれかに記載の面位置検出方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ウエハ等の平板状物体の表面の高さや傾き等を検出する面位置検出方法に関し、特にスリット・スキャン方式の露光装置において投影光学系の光軸方向に関するウエハ表面の位置や傾きを連続的に検出する面位置検出方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】最近のメモリチップの大きさは露光装置の解像線幅やセルサイズのトレンドとメモリ容量の拡大トレンドの差から徐々に拡大傾向を示しており、例えば

256Mの第1世代では14×25mm程度と報告されている。

【0003】このチップサイズでは現在クリティカルレイヤー用の露光装置として使用されている縮小投影露光装置（ステッパ）の直径31mmの露光域では、1回の露光あたり1チップしか露光できずスループットが低下するために、より大きな露光面積を可能とする露光装置が必要とされている。大画面の露光装置としては従来より高スループットが要求されるラフレイヤー用の半導体素子露光装置あるいはモニタ等の大画面液晶表示素子の露光装置として反射投影露光装置が広く使用されている。これは円弧スリット状の照明光でマスクを直線走査しこれを同心反射ミラー光学系でウエハ上に一括露光するいわゆるマスクーウエハ相対走査によるスリット・スキャン型の露光装置である。

【0004】これらの装置におけるマスク像の焦点あわせは、感光基板（フォトリソ等が塗布されたウエハあるいはガラスプレート）の露光面を投影光学系の最良結像面に逐次あわせ込むために、高さ計測とオートフォーカスやオートレベリングの補正駆動をスキャン露光中連続的に行っている。

【0005】これらの装置における高さおよび面位置検出機構は、例えばウエハ表面に光束を斜め上方より入射するいわゆる斜入射光学系を用いて感光基板からの反射光をセンサ上の位置ずれとして検知する方法や、エアーマイクロセンサや静電容量センサなどのギャップセンサを用いる方法などがあり、スキャン中の複数の高さ測定値から測定位置が露光スリット領域を通過するときの高さおよび傾きの補正駆動量を算出、補正するというものであった。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】現在使用されているスリット・スキャン型の露光装置のコンセプトを256M以降に対応可能な解像力となるよう投影系のみを改良した場合、次の問題が発生する。

【0007】即ち、回路パターンの微細化に対応できるように縮小投影系が高NA化されるに従い回路パターンの転写工程におけるフォーカスの許容深度はますます狭くなってくる。現状のラフ工程に使用されている露光装置では許容深度が5μm以上確保されているためスキャン露光中に連続計測される計測値に含まれる計測誤差やチップ内段差の影響は無視できるが、256M対応を考慮した場合その許容深度は1μm以下となるため前記計測値に含まれる計測誤差やチップ内段差の影響は無視できなくなる。また従来のステッパ方式での露光シーケンスは露光位置でのフォーカス補正終了後露光開始へと連続的（シリーズ）に処理が移行して行くためフォーカス計測時間のバラツキは精度に影響を与えなかったが、スリット・スキャン方式での露光シーケンスはフォーカスの計測中も露光を行っているため両者が同時（パラレ

ル)に処理を行っている。従ってフォーカス計測時間のショット間のバラツキは駆動系を含んだフォーカス補正系全体のフィードバックループに時間遅れの成分として影響しフォーカス補正精度悪化の原因となる。また高精度のフォーカス検出を実現する課題としてチップ表面の凹凸の問題がある。許容深度不足に対するプロセス側からのアプローチとしてリセスアレイやCMP等の低段差構造を実現する手法が開発されているがそれでも0.5  $\mu$ m程度の凹凸は最後まで残り、特に周辺回路部分やスクライプの部分に関してはステップ状の段差が残ってしまう。このステップ状の段差部分ではレジスト塗布後でも表面に緩やかな傾斜が残ってしまい、結果として次のような問題が発生する。即ち、斜入射方式の高さ検出系において上記の様な緩やかな傾斜を持つ表面を検出する場合、検出光の強度が極端に低下する恐れがある。これは他のノイズ光を除去することを目的として入射角とほぼ同じ角度の反射光のみ検出するように検出光路を限定しているためであるが、傾斜部での検出光強度を上げようと検出光路側の受光絞りの径を広げると逆にノイズ光の強度も増大し計測誤差が発生するため、受光絞りの径をむやみに拡大することはできない。また検出ビームの大きさに比べ測定対象部分の傾斜領域が小さい場合検出波形の形状が非対称に崩れることとなり大きな計測誤差を発生させることになる。このような現象は、特に、チップ領域に比べプロセス上の制御が行われていないスクライプ等の部分では発生しやすく、またウエハ内での再現性も乏しいためオフセットによる補正も困難である。このような状態でスリット・スキヤンのフォーカス計測を行った場合、スキヤン露光の途中でフォーカス検出ができずにスキヤン露光がストップしたり大きなデフォーカスを発生させ、チップ不良を発生させてしまうという問題が発生する。またこれらトラブルとなる計測値の除去をスキヤン露光の計測中に行うことも考えられるが、限られた計測時間内での処理はシステムの複雑化を招くこととなり、また仮に構成したとしても計測時間の変動やスループット低下等により合焦精度が悪化する恐れがある。即ち、リアルタイムでフォーカス補正を行うとともに同時に露光を行うシステムにおいては、各ユニット間の連携がスムーズに行われるのが第1であり、その仮定が崩れるとオフセット補正タイミングのズレや補正系の遅れ補償の位相ズレ等の問題が発生し、設計値通りの解像性能を得ることができない。

【0008】本発明は前記従来の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的はスキヤン計測すべき計測ポイントを事前に決定し、検出表面の凹凸の影響を受けることなくウエハ表面の位置を高精度に検出することができる面位置検出方法を提供することにある、特にスリット・スキヤン露光方式における高精度の面位置検出方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明の面位置検出方法は、凹凸を有する被検出面の面位置を、該被検出面を相対走査しながら連続的に検出する方法において、前記被検出面を相対走査しながら連続的にその面状態の特徴データを検出する段階と、前記連続的に得られた複数の特徴データを処理しその後の被検出面の面位置検出において該被検出面の位置を測定すべき計測位置を離散的に決定する段階とを有することを特徴とする。好ましくは、前記特徴データを検出する段階において、該特徴データとして面位置データとともに検出信号の形状を示す特徴量を同時に検出することを特徴とする。

【0010】本発明の好ましい態様において、前記凹凸を有する被検出面はパターンを形成されたウエハの表面であり、本発明の方法は該ウエハを露光する露光装置に適用される。その場合、ウエハの面位置としてはウエハ表面の高さおよび傾きを計測し、ウエハの面位置を相対走査しながら連続的に表面状態の特徴データを検出する段階においては露光時より低速なスキヤンスピードにより多点の計測値を測定することを特徴とする。

【0011】また前記ウエハの面位置を相対走査しながら連続的に表面状態の特徴データを検出する段階において高さデータとともに検出信号の形状を示す特徴量を同時に検出することを特徴とし連続的に得られた複数の特徴データを処理しその後の高さおよび傾きを離散的に測定する計測位置を決定する場合に高さデータの不連続点や検出信号の形状を示す特徴量の異常点を考慮するとともに被露光領域を露光する際のスキヤンスピードや補正系の追従スピード、装置間のセンサ取り付け位置誤差等も併せて考慮することを特徴とする。

【0012】さらに、先頭の1枚または先頭から複数枚のウエハの特徴データの計測に基づいて決定された計測位置情報を記憶し、そのウエハに引き続く少なくともロット内のウエハに対して、前記記憶した計測位置の内のいくつかの点にて面位置の測定を行うことを特徴とする。

【0013】

【作用】上記の構成によれば、表面状態の特徴データに基づいて、段差部等のように高さデータの不連続点や検出信号の形状を示す特徴量の異常点を計測位置から取り除くことができ、安定して面位置を検出することができる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。図1は本発明の一実施例に係る面位置検出方法を用いるスリット・スキヤン方式の投影露光装置の部分概略図である。図1において、1は縮小投影レンズであり、その光軸は図中AXで示され、またその像面は図中Z方向と垂直な関係にある。レチクル2はレチクルステージ3上に保持され、レチクル2のパターン

は縮小投影レンズ1の倍率で $1/4$ ないし $1/2$ に縮小投影されてその像面に像を形成する。4は表面にレジストが塗布されたウエハであり、先の露光工程で形成された多数個の被露光領域(ショット)が配列されている。5はウエハを載置するステージで、ウエハ4をウエハステージ5に吸着、固定するチャック、X軸方向とY軸方向に各々水平移動可能なXYステージ、投影レンズ1の光軸方向であるZ軸方向への移動やX軸、Y軸方向に平行な軸の回りに回転可能なレベリングステージ、前記Z軸に平行な軸の回りに回転可能な回転ステージにより構成されており、レチクルパターン像をウエハ上の被露光領域に合致させるための6軸補正系を構成している。

【0015】図1における10から19はウエハ4の表面位置および傾きを検出するために設けた検出光学系の各要素を示している。10は光源であり、白色ランプ、または相異なる複数のピーク波長を持つ高輝度発光ダイオードの光を照射するよう構成された照明ユニットよりなっている。11はコリメータレンズであり、光源10からの光束を断面の強度分布がほぼ均一の平行光束として射出している。12はプリズム形状のスリット部材であり、一對のプリズムを互いの斜面が相対するように貼り合わせており、この貼り合わせ面に複数の開口(例えば6つのピンホール)をクロム等の遮光膜を利用して設けている。13はレンズ系で両テレセントリック系よりなり、スリット部材12の複数のピンホールを通過した独立の6つの光束をミラー14を介してウエハ4面上の6つの測定点に導光している。図1では2光束のみ図示しているが各光束は紙面垂直方向に各々3光束が並行している。このときレンズ系13に対してピンホールの形成されている平面とウエハ4の表面を含む平面とはシャインブルーフの条件(Scheimpflug's condition)を満足するように設定している。

【0016】本実施形態において光照射手段からの各光束のウエハ4面上への入射角 $\Phi$ (ウエハ面にたてた垂線即ち光軸となす角)は $\Phi=70^\circ$ 以上である。ウエハ4面上には図3に示すように複数のパターン領域(露光領域ショット)が配列されている。レンズ系13を通過した6つの光束は図2に示すようにパターン領域の互いに独立した各測定点に入射、結像している。また6つの測定点がウエハ4面内で互いに独立して観察されるようにX方向(スキャン方向)からXY平面内で $\Theta^\circ$ (例えば $22.5^\circ$ )回転させた方向より入射させている。これにより本出願人が特願平3-157822号で提案しているように各要素の空間的配置を適切にし面位置情報の高精度な検出を容易にしている。

【0017】次に、ウエハ4からの反射光束を検出する側、即ち15から19について説明する。16は受光レンズで両テレセントリック系よりなり、ウエハ4面からの6つの反射光束をミラー15を介して受光している。受光レンズ16内に設けたストッパ絞り17は6つの各

測定点に対して共通に設けられており、ウエハ4上に存在する回路パターンによって発生する高次の回折光(ノイズ光)をカットしている。両テレセントリック系で構成された受光レンズ16を通過した光束はその光軸が互いに平行となっており、補正光学系群18の6個の個別の補正レンズにより光電変換手段群19の検出面に互いに同一の大きさのスポット光となるように再結像されている。またこの受光する側(16から18)はウエハ4面上の各測定点と光電変換手段群19の検出面とが互いに共役となるように倒れ補正を行っているために、各測定点の局所的な傾きにより検出面でのピンホール像の位置が変化することなく、各測定点の光軸方向AXでの高さ変化にตอบสนองして検出面上でピンホール像が変化するように構成されている。

【0018】ここで光電変換手段群19は6個の1次元CCDラインセンサにより構成している。これは次の点で従来の2次元センサの構成よりも有利である。まず補正光学系群18を構成する上で光電変換手段を分離することにより各光学部材や機械的なホルダーの配置の自由度が大きくなる。また検出の分解能を向上させるにはミラー15から補正光学系群18までの光学倍率を大きくする必要があるが、この点でも光路を分割して個別のセンサに入射させる構成とした方が部材をコンパクトにまとめることが可能である。さらにスリット・スキャン方式では露光中のフォーカス連続計測が不可欠となり計測時間の短縮が絶対課題となるが、従来の2次元CCDセンサでは必要以上のデータを読み出しているのもその一因であるが1次元CCDセンサの10倍以上の読み出し時間を必要とする。

【0019】次にスリット・スキャン方式の露光システムについて説明する。図1に示すように、レチクル2はレチクルステージ3に吸着、固定された後、投影レンズ1の光軸AXと垂直な面内でRX(X軸方向)方向に一定速度でスキャンするとともに、RY(Y軸方向:紙面に垂直)には常に目標座標位置をスキャンするように補正駆動される。このレチクルステージのX方向およびY方向の位置情報は、図1のレチクルステージ3に固定されたXYバーミラー20へ外部のレチクル干渉系(XY)21から複数のレーザービームが照射されることにより常時計測されている。露光照明光学系6はエキシマレーザー等のパルス光を発生する光源を使用し、不図示のビーム整形光学系、オブティカルインテグレイター、コリメータおよびミラー等の部材で構成され、遠紫外領域のパルス光を効率的に透過あるいは反射する材料で形成されている。ビーム整形光学系は入射ビームの断面形状(寸法含む)を所望の形に整形するためのものであり、オブティカル・インテグレイターは光束の配光特性を均一にしてレチクル2を均一照度で照明するためのものである。露光照明光学系6内の不図示のマスキングプレートによりチップサイズに対応して矩形の照明領域が設

定され、その照明領域で部分照明されたレチクル2上のパターンが投影レンズ1を介してレジストが塗布されたウエハ4上に投影される。

【0020】図1に示すメイン制御部27は、レチクル2のスリット像をウエハ4の所定領域にXY面内の位置(X, Yの位置およびZ軸に平行な軸の回りの回転 $\theta$ )とZ方向の位置(X, Y各軸に平行な軸の回りの回転 $\alpha$ ,  $\beta$ およびZ軸上の高さZ)を調整しながらスキャン露光を行うように、全系をコントロールしている。即ち、レチクルパターンのXY面内での位置合わせはレチクル干渉計21とウエハステージ干渉計24の位置データと、不図示のアライメント顕微鏡から得られるウエハの位置データから制御データを算出し、レチクル位置制御系22およびウエハ位置制御系25をコントロールすることにより実現している。レチクルステージ3を図1矢印3aの方向にスキャンする場合、ウエハステージ5は図1の矢印5aの方向に投影レンズの縮小倍率分だけ補正されたスピードでスキャンされる。レチクルステージ3のスキャンスピードは露光照明光学系6内の不図示のマスキングブレードのスキャン方向の幅とウエハ4の表面に塗布されたレジストの感度からスループットが有利となるように決定される。

【0021】レチクルパターンのZ軸方向の位置合わせ、即ち像面への位置合わせは、ウエハ4の高さデータを検出する面位置検出系26の演算結果をもとに、ウエハステージ内のレベリングステージへの制御をウエハ位置制御系25を介して行っている。即ち、スキャン方向に対してスリット近傍に配置されたウエハ高さ測定用スポット光3点の高さデータからスキャン方向と垂直方向の傾きおよび光軸AX方向の高さを計算して、露光位置での最適像面位置への補正量を求め補正を行っている。

【0022】以下、本発明に係る面位置検出方法によりウエハ4の被露光領域の位置を検出する方法を述べる。まず、その補正方法の概略を図4のフローチャートを用いて説明する。step 101でスタート指令を受け、step 102でウエハをステージ上に搬入し、チャックに吸着固定する。その後チップの被露光領域内部の表面形状を測定するために、step 103で特定サンプルショット領域にてプリスキャン測定を行う。その後、step 104にて、測定されたスキャンフォーカス検出値を用いて被露光領域を露光像面位置に補正するのに最適なフォーカス検出値を測定できる計測位置を選択する。選択が完了すると、step 105にてチップの被露光領域内部の表面形状を特定する補正項を決定するために、複数サンプルショット領域にて再度プリスキャン測定を行う。step 106にて、測定されたスキャンフォーカス検出値を用いてスキャン中の計測値を最適露光像面位置までの距離に補正するための補正項を求める。補正値の算出が完了するとstep 107にて各被露光位置でのスキャン露光シーケンスへ移行し、選択された計測位置でのフォーカス検出値を前記補正値

で補正しながら露光域を露光像面に合わせるための補正量算出および補正駆動を行う。

【0023】以下、最適なフォーカス検出値を測定できる計測位置の選択方法について詳細に説明する。その前にスキャン露光方式でのフォーカス測定ポイントの決定方法について説明する。ステッパ方式では露光位置でステージが停止していたため、その停止位置でのフォーカスを計測し補正するというショット間共通の最低1カ所にてフォーカス・チルト計測をすることによりその目的は達成できていた。しかし、先にも述べたようにスキャン方式ではショットの露光中常にステージは移動しているためショット内複数点を計測しなければならない。またその測定位置やタイミングは駆動系との連携やスリット幅、スキャンスピードとの対応など多くの要因を考慮して決定する必要がある。今、その決定要因としてスリット幅をWs、フォーカス計測時間をTm、フォーカス補正時間をTd、ステージのスキャンスピードをVとすると、まず露光領域表面の凹凸の周期をfとした場合、サンプリング定理より露光時の補正サイクル $1/(Tm + Td)$ は $2f$ を越えている必要がある。即ち、凹凸の周期として例えば周辺回路の部分で1周期として3mmとすれば、その凹凸を検出あるいは補正を含めた補正を行う場合のサイクル時間は $3/(2 \times V)$ 以下とする必要がある。この数字は例えばスキャンスピードとし $V = 100 \text{ mm/sec}$ とした場合サイクル時間が15msとなり、補正を含めた場合、駆動系の応答時間を考慮すると実現が困難な領域に入ってきている。現実的な解としてスキャンスピードを落とすことが考えられるがスループットが落ちるため好ましくない。しかしこの時間を検出のみに割り当てた場合十分検出可能でありウエハの表面状態を検出することが可能である。この点から、プリスキャンにより表面状態を検出して露光表面の凹凸の傾向を把握し、実際の露光に際して検出に必要な補正サイクル時間から補正可能な実際の露光時の計測位置を決定するという方法によれば、スループットを落とさずに精度よくフォーカス補正をするスキャン装置を提供することが可能である。また露光に際しては露光エリアがWsという有限なスリット幅を持つため、スリット内で1点以上のフォーカス計測が実行できる関係、即ち $Ws/V > (Tm + Td)$ を満足していれば、スリットサイズ毎にステッパと同様の補正精度が得られる。またスキャン露光中にフォーカスが平均化されることを考慮すればこのような補正系で十分であることは言うまでもない。

#### 【0024】

【実施例1】ウエハの被露光領域内部をステージの高さ補正系を固定した状態でフォーカス値をスキャン計測した例を示す。図3(a)に示す様な被露光領域内が4つの領域に分割された領域をフォーカス計測の5つのセンサa~eでスキャンしながら13点計測した時の計測結

果を図3(b)に示す。見やすくするために図3(b)においてbおよびdの計測値はプロットしていない。図の横軸はスキャン方向の位置座標、縦軸はフォーカスの計測値、ドットが各センサの各計測位置での計測結果を表しており、図中の曲線は最小2乗法等を使用して算出した近似曲線である。本来ウエハ表面は投影レンズの許容深度の値以下に凹凸は押さえられているはずであるが、スクライブや周辺回路部分では図5に示すようなレジスト表面傾斜が発生してしまう。このような部分では反射光を正確に集光することができず、図6(b)に示すP2(非対称)あるいはP3(微少ピーク)のような検出波形となってしまう、処理結果は実際の値から大きく外れた結果となる。このようにステージを固定した状態でスキャン計測した計測値から近似曲面を計算により求め、各計測位置において実際の計測値と近似曲面との偏差を求め、その偏差の量が所定の値を越えた場合にはその計測ポイントを実際のスキャン露光の際の計測ポイントから外す処置を行うことによって正確なフォーカス検出が可能となる。また図3(b)のcのセンサ計測値に見られるように全計測値にわたって偏差の量が多い場合には、その位置の計測を全て無効として残りのセンサによりフォーカスやチルトの補正量を算出するようにすることも効果がある。以上のように計測結果が安定している位置を選択する事によりウエハ全面にわたり安定した計測値を得ることが期待でき正確なフォーカス検出をする事が可能となる。

【0025】図7を用いて補正シーケンスの説明を行う。まずstep1にてウエハを搬入し、チャックに吸着固定した後、step2にてプリスキャン1の計測点、即ちプリスキャン2あるいは露光時のショット内計測候補点を算出する。具体的には先に説明したサンプリング定理や補正系の応答時間の関係から必要十分な計測ポイント数を算出する。この場合露光時における計測ポイント数より多く取った方が後のstep7での計測ポイント決定を行う上で有利である。対象がファースト(1st)プリントの場合以外はここでウエハ全体のアライメント計測を行い位置決めを完了する。次にstep3にてウエハ内でチャックの影響を受けにくい中心付近のショットをプリスキャン1の計測対象ショットとして選びショット中心でフォーカス位置補正を行う。これ以降はステージはスキャン方向のみの移動でZ方向の補正は行わない。step4にて、step2で算出した第1計測ポイントに移動、step5にてその位置のフォーカス計測値 $Z_{ij}$ ( $j=1$ から5)を測定し、メモリする。step6のループ確認で全計測ポイントn点の計測完了までループする。step7にて、メモリに格納された $Z_{ij}$ の全計測値から図3

(b)に示すように近似曲線を計算により求め、各計測位置において実際の計測値と近似曲面との偏差を求め、その偏差の量が所定の値を越えた場合にはその計測ポイントを実際のスキャン露光の際の計測ポイントから外す

処置を行う。偏差が大きいと認められた計測点 $P_{ij}$ を以降の計測ポイントから除去する。また補正の応答スピードから考慮して必要最小限かつ計測ポイントの偏りが発生しないように露光時の計測ポイントを決する。具体的にはスクライブを避け補正サイクルがほぼ周期的となりかつ計測値の変化がなだらかな部分を選択することとする。表面形状の凹凸が極端に悪い場合や計測点を選択できない場合があるかもしれないが、その場合は計測ポイントでの計測値が全5点共有効となる必要はなくスパンが十分とれば最低2点でもチルト量まで算出可能である。このようにして決定された最終的な計測ポイントに関してstep8にて計測系のレジスト表面凹凸などに起因するオフセットを測定するプリスキャン2を実施する。以上の処理により各被露光領域を投影系の焦点面に正確に一致させるための最適計測ポイントの選択とその位置での正確な計測オフセットが算出される。以上のデータを基にstep9からstep16のシーケンスでウエハ露光を実施する。step16にてウエハ内の全被露光ショットの露光完了を確認後step17にてウエハを回収する。

【0026】

【実施例2】前記実施例1と同様にウエハの被露光領域内部をステージの高さ補正系を固定した状態でフォーカス値をスキャン計測し、その時の計測値の算出と同時に検出波形の特徴パラメータを算出する。先にも述べたように斜入射方式の高さ検出系では、ノイズ光を除去することを目的として入射角とほぼ同じ角度の反射光のみ検出するように検出光路を限定しているため、緩やかな傾斜を持つ表面を検出する場合、検出光の強度が極端に低下する恐れがある。例えばファーストプリントでのフォーカス検出波形はウエハ上に全くパターンが形成されていないため、図6(a)に示すようなバランスのとれた対称性の良い波形が得られるが、後工程になってくると図6(b)に示すように非対称性(P2)や検出光の強度が極端に低下するS/Nの悪化(P3)が顕著になる現象が発生し、計測誤差やバラツキの原因となっている。このような場合、計測結果を統計処理するまでもなく波形自体の特徴量、即ち反射光量や波形の対称性を算出すれば、安定した計測値が得られるポイントかどうか判定を行うことができる。図7のstep5でのフォーカス計測時に上記波形の特徴量を同時に算出してメモリし、その後のstep8にて判定を行うことにより、測定ポイント選択の信頼性を向上させることができる。

【0027】

【実施例3】プリスキャン1による計測を行う場合、前記した関係からその計測時間は短い方が多くの計測点を得ることができ、結果として露光領域内の凹凸状態の傾向を正確に把握することができるが、計測系の負担が大きくなってしまふ。露光時のスキャンスピードはレジスト感度および要求スループットによって変更される可能性があるが、プリスキャン1の測定はロット1枚めの単

1 ショットにて計測するだけでよいので前記露光時のスキャンスピードに一致させる必要はない。むしろ低速にて多点の計測を行いサンプル点を増やした方が露光時にフォーカス測定を行う位置の選択には都合が良い。即ち図7のstep2の計測候補点を決定する際にstep7での異常点算出が無理なく行われるように考慮して、例えば検出マークが十分重なるような位置関係となるように計測ポイントを決定し、測定系の応答速度を優先してプリスキャン1計測でのスキャンスピードを決定する。このようにして測定した測定値から異常値判定を行う場合、例えばあるセンサの計測値に対して高周波濾過フィルタを通すことにより簡単に異常点を選別して抽出することができる。また計測ポイントを決定するに当たり計測値の精度を高めるために、1ポイントの計測当たりN回の波形データ取り込みを行い、全計測ポイント取り込み後各ポイントの計測値を算出し、1ポイントのN回の計測値毎の平均値をそのポイントの測定値として使用しても良いし、また低速スキャンで実際の露光時の計測ポイントより多いポイントの計測データを測定し、数点毎に平均値を算出（いわゆる移動平均）することにより計測候補点の算出用データとしてもよい。

【0028】

【実施例4】複数の装置間マッチングを考慮した場合、フォーカスビーム位置と露光位置との関係は厳密に管理する必要がある。例えばスキャン方向において前記関係が装置毎に異なっている場合、像面位置とフォーカス計測原点とのキャリブレーションを実際に露光を行って求めても、その値はスキャン方向での測定位置に依存するため、装置毎に求めなければ正確なフォーカスオフセット補正を行うことができない。また前記関係の装置間マッチングを取るためにメカ的な調整機構を付加すると構造的あるいはコスト的に肥大化してしまう。このような場合、前記関係を事前に求めておきその相対間差をオフセットとして管理しておけば、実際の測定ポイントの選択時に補正後の装置間でマッチングを取ることができ、露光条件を1台の装置で求めておきその値を他の複数のマシンに適用することが可能となる。この状況を図8

(a)～(b')を用いて説明する。図8(a)の装置aのフォーカス原点と投影レンズ像面とのキャリブレーションを図8(a)の状態、即ち露光スリット位置と被露光位置との関係(Da)で行ったとする。ここで求められた補正値を別の装置b(図8(b))で適用しようとする。前記Daの関係でレンズ対ステージを位置決めされた状態でフォーカス検出ビームが観察している位置は装置aとは異なり、露光スリット位置とフォーカス検出ビーム位置の距離の差即ちフォーカス検出系の取り付け位置の機差分だけ異なる位置を検出することとなる。このように前記取り付け位置の機差により装置毎にキャリブレーションを行わなければならないが、図8(b')で説明するようにフォーカス検出系の取り付

け位置の機差を考慮して図7のstep2およびstep7を実施するようにすれば、装置毎にキャリブレーションを行う必要はなくなり管理が簡単になる。

【0029】以上説明した計測位置選択のためのプリスキャン測定は、形成されるパターンが異なる各工程で行うことになるが、ロット内の1枚のみで測定するだけで十分であり、その後の同一工程に関してはロット先頭の1枚で求めた計測位置をメモリに記憶しておいて各フォーカス計測および補正時に使用することにより本来の目的は十分実現可能であり、スループットを低下させることなく高精度のレベリング補正および露光が実施される。ロット内のウエハのばらつきが大きいと予想される場合には、先頭の複数枚のウエハにて計測位置選択のためのプリスキャンを行い、以後のウエハでは、それらの共通計測位置を使えば、さらなる精度向上が期待される。

【0030】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば露光に先立ちウエハ上の被露光領域のプリスキャン計測を実施し、最もフォーカス値が高精度に測定される位置を求めることによりウエハ上の被露光領域のICパターンに起因する検出誤差および表面の段差構造に起因する計測不安定等の発生を低減することができ、プロセス毎のフォーカスオフセットを正確に算出してスキャン露光中に計測されるフォーカス計測値の信頼性を高めることができる。また安定した計測値が得られるポイントを選択することによりその後のオフセット測定や露光時のフォーカス測定の際に計測不安定などにより例外処理を発生させることがないため、処理上のスループットも改善することができる。従ってスリット・スキャン露光装置などで工程が進み表面に段差ができてきたウエハにおいてもその段差に左右されることなくウエハ本来の歪み成分の補正を行い、被露光領域を確実に焦点深度内に位置づけることができ、その結果として良好なパターン転写を高スループットで行い、256M以降のより集積度の高いチップを安定して作成することができるという優れた効果がある。

【0031】

【発明の適用範囲】なお、上述においては、本発明を主に半導体ウエハを露光する半導体露光装置に適用する例について説明したが、本発明は露光装置以外の半導体製造装置、あるいは半導体ウエハ以外の平板状物体、例えば液晶表示装置のガラス基板に露光等の処理を施す装置にも適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例に係る面位置検出方法を用いるスリット・スキャン方式の投影露光装置の部分的概略図である。

【図2】 図1における検出光学系による面位置検出での露光スリットと各測定点の位置関係を示す説明図であ



る。

【図3】 図1におけるウエハのチップ上での計測ポイントと各計測ポイントでの計測値の状態を示す説明図である。

【図4】 図1の装置におけるウエハ搬入から搬出までのシーケンスを示す概略フローチャート図である。

【図5】 図1におけるウエハのチップ段差部で発生する現象を説明する説明図である。

【図6】 図1の装置において検出される検出信号の模式図である。

【図7】 本発明の一実施例に係る面位置検出方法における計測ポイントの選択、オフセットの測定および各ショットでの露光時の面位置補正駆動のシーケンスの概略

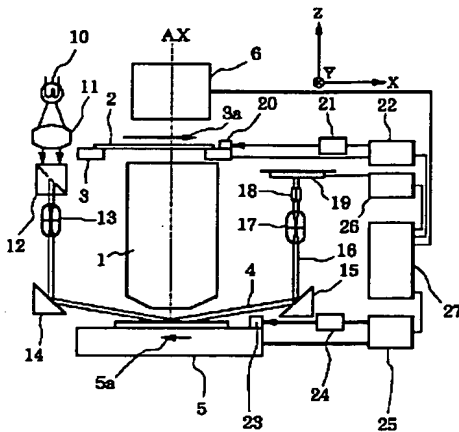
を示すフローチャート図である。

【図8】 実施例4におけるセンサの取り付け位置誤差に関する説明図である。

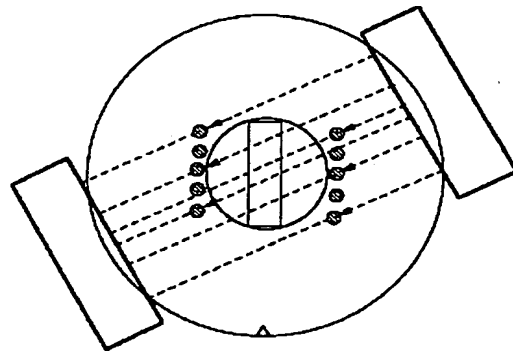
【符号の説明】

1：縮小投影レンズ、2：レチクル、3：レチクルステージ、4：ウエハ、5：ウエハステージ、6：露光照明光学系、10：光源、11：コリメータレンズ、12：プリズム形状のスリット部材、14、15：折り曲げミラー、19：光電変換手段群、21：レチクルステージ干渉計、22：レチクル位置制御系、24：ウエハステージ干渉計、25：ウエハ位置制御系、26：面位置検出系、27：メイン制御部。

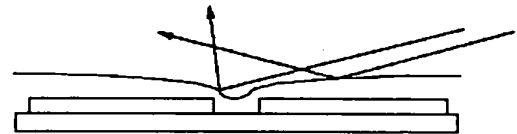
【図1】



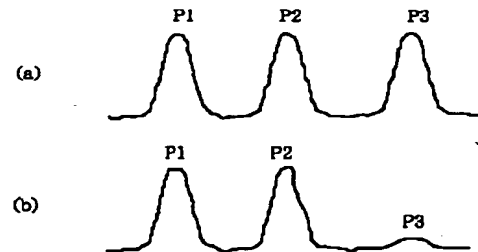
【図2】



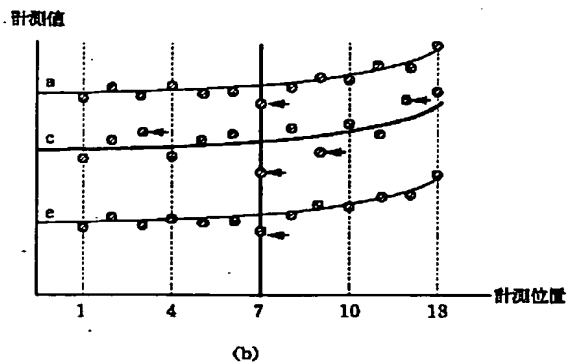
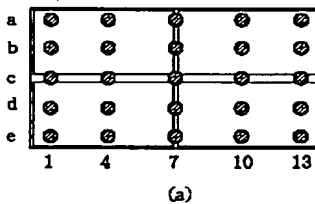
【図5】



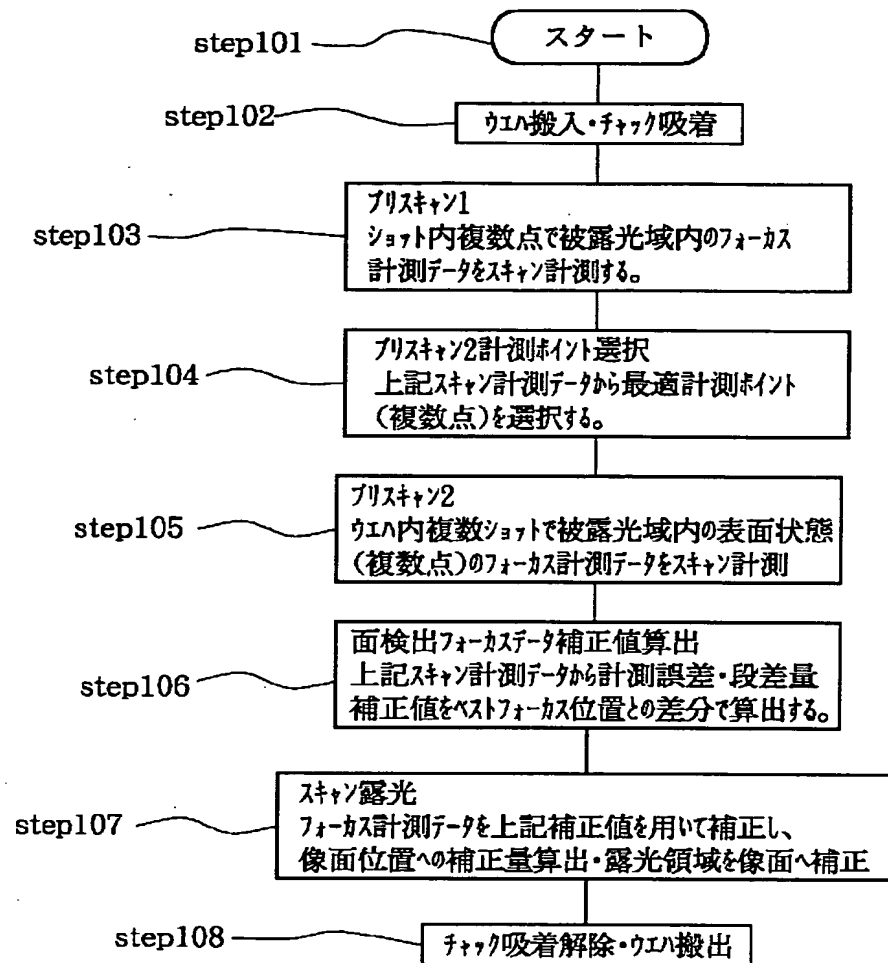
【図6】



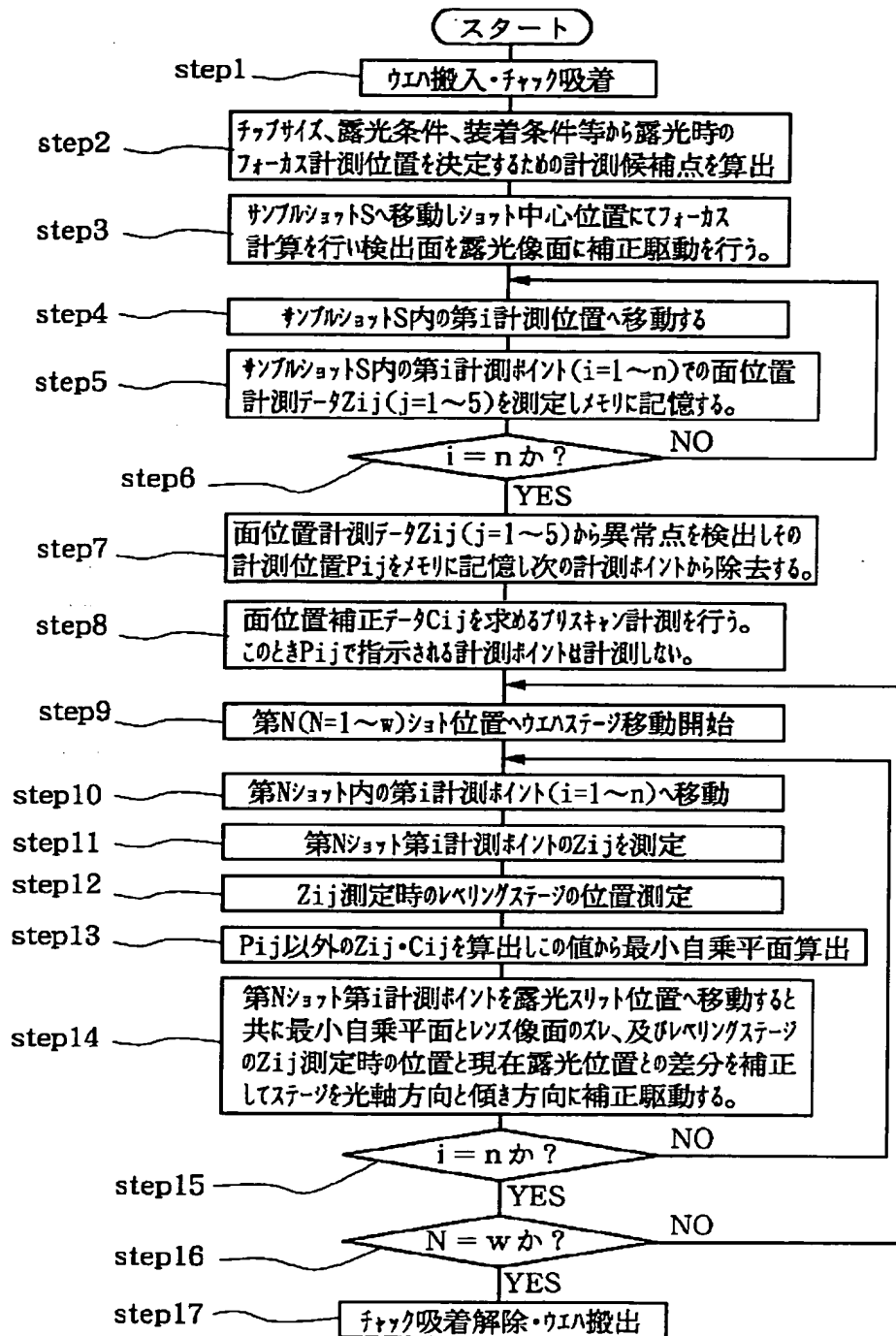
【図3】



【図4】



【図7】



【図 8】

